

Sudoku s překryvy

Pavel Stríž, pavel@striz.cz

Statistické dny, Perná pod Pálavou
24. – 26. května 2024



Osnova povídání

The overlapping sudoku puzzles are a neat idea!

Daniel Beer, the author of the Sugeng program

- ▶ Rekreační matematika a rekurze.
- ▶ Motivy k práci.
- ▶ Několik zajímavostí.
- ▶ Základní varianta (Klasické sudoku)
- ▶ Varianty sudoku bez překryvu.
- ▶ Varianty sudoku s překryvy.
- ▶ Ukázky z vlastní tvorby.
- ▶ Co je v pozadí.

Práce září až Vánoce 2023.

Rekreační matematika

- ▶ Martin Gardner, D. E. Knuth, USA.
- ▶ YouTube, Gathering 4 Gardner,
<https://www.youtube.com/@G4GCelebration>.
- ▶ YouTube, Wolfram, Ed Pegg Jr.,
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLxn-kpJHbPx0btJmqeejmmHnrLV17IZM1>.
Pozn. Mathematica je na Raspberry Pi.
- ▶ Úspěchy AlphaGo (kód zveřejněn).
- ▶ Vyřešení aperiodického dílku (Hat, Spectre; kódy zveřejněny).
- ▶ Experimentální matematika,
<https://www.youtube.com/@kgnang>.
- ▶ The Coding Train,
<https://www.youtube.com/@TheCodingTrain>.
- ▶ Tsoding Daily, LaurieWired, The Chernob, Carlo Wood,
Code Therapy w/ René Rebe, javidx9,

Rekurze: adventní kalendář

- ▶ Rozklad úvodních úrovní.
- ▶ Uložení a načtení vektoru.

Motivy k práci

Ranking-unranking problem:

- ▶ V kombinatorice (factoradic, combinadics): pexeso, bridž (rozdání, koncovky), Rubikova kostka. Chci si zkusit Catalanova čísla (Richard P. Stanley: Enumerative combinatorics).
- ▶ Dismutace, inkluze-exkluze, vytvořující funkce.
- ▶ Počty možností (Jigsaw sudoku, Extra region sudoku).



- ▶ Počty přes rekurzi: hra lodě, N -queens, a,
- ▶ také sudoku (úplný rozkres), Guenter Stertenbrin, 2003: <http://www.afjarvis.org.uk/sudoku/>. O tom snad jindy, ale již nyní mohu na 100 % říci, že to půjde, jak ukázaly první ruční experimenty.

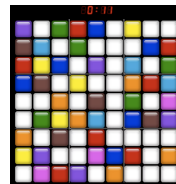
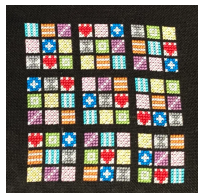
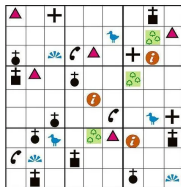
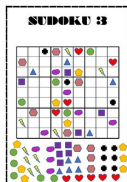
Několik zajímavostí

- ▶ Před sudoku: hra 15, Rubikova kostka.
- ▶ Předchůdci: latinské, řecko-latinské a magické čtverce.
- ▶ Generování a odhad obtížnosti, Ercsey-Ravasz a Toroczkai, 2012, *The Chaos Within Sudoku*.
- ▶ Nejmenší počet nápověd: 17 (dokázáno).
- ▶ Je jich přesně 49158 (dokázáno).
- ▶ Se zahrnutím symetrie: 18.
- ▶ Efektivní řešení, Knuth, Dancing Links (DLX).
- ▶ Kniha *Taking Sudoku Seriously*, 2011.
- ▶ Kanál na YouTube: Cracking the Cryptic.

Základní varianta (Klasické sudoku)

- ▶ 9×9 polí, čísla 1–9 se opakují právě jedenkrát v řádcích, sloupcích a v devíti blocích 3×3 .
- ▶ Bloky se značí B1 až B9 dle směru čtení.
- ▶ Zadání obsahuje nápovědy, úkolem je doplnit prázdná pole.
- ▶ Je to logická hra, má jednoznačné řešení. Ideálně bez hádání.
- ▶ S čísly se nedělají aritmetické operace, mohou být znaky, barvy apod.

Symbol sudoku

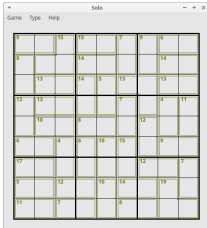
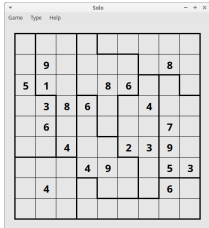
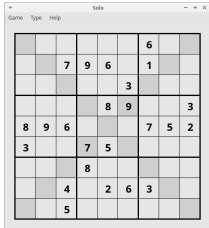


Rozlišení nápověd: žádné, různá barva, různé pozadí buňky, orámování symbolu, světlejší/tmavší, 3D efekt, přidání stínu ap.

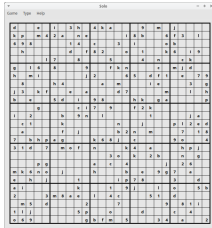
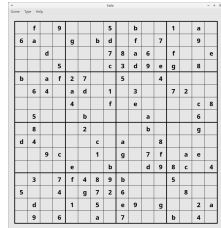
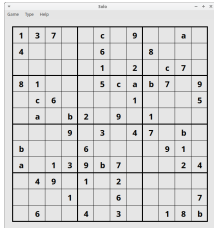
Varianty sudoku bez překryvu

Dodatečné podmínky: X, Jigsaw, Killer ap.

Pozn. Kolik možností tvarů je u Jigsaw?

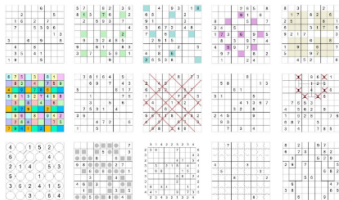


Změna velikosti na 3×4 , 4×4 , 5×5 , ...



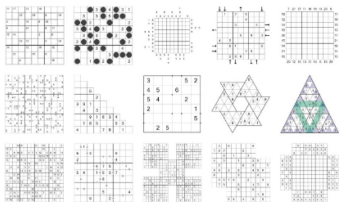
Varianty sudoku bez překryvu

Z knih: *Sudoku Variants*, Steven Anderson, 2020.



Sudoku Variants

By: Steven Anderson



LOVE SUDOKU, BUT NEED A NEW CHALLENGE?

This book contains 30 different types of Sudokus totaling 100 puzzles altogether! Ranging from easy to hard, these variants should entertain any Sudoku lover for hours. If you love Sudokus but are getting a little bored of repeating the same logic and strategies, this book will be perfect for you.

Some of the puzzles in this book include:

- Killer Sudokus
- XV Sudokus
- Even-Odd Sudokus
- Consecutive & Non-Consecutive
- Anti-Knight & Anti-King
- Sudoku X & Anti-Diagonals
- Argyle & Jigsaw
- Greater Than Sudoku
- Chain Sudokus
- Frame & Outside Sudokus
- Skyscrapers
- Tripod Sudoku
- Sudoku Mine
- Sukaku & Sujikens
- Rossini Sudokus
- Giant & Merged Sudoku
- Hoshis & Tridokus
- And more...

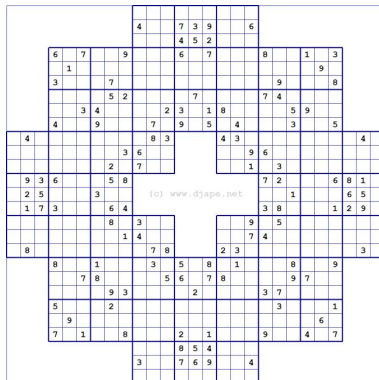
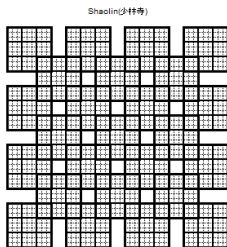
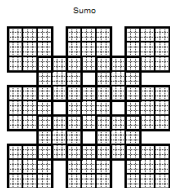
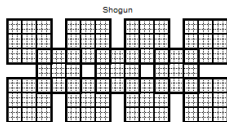
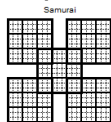
ISBN 0798573043623



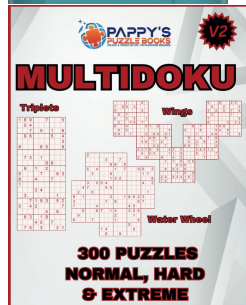
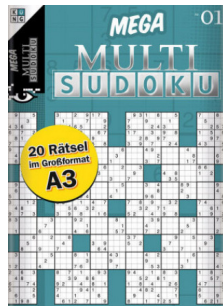
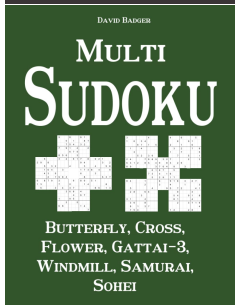
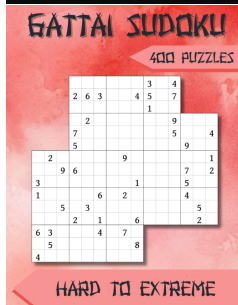
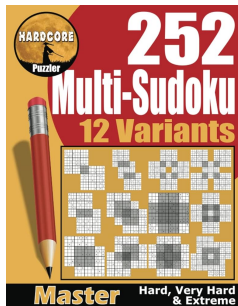
9 798573 043623

Varianty sudoku s překryvy

Názvy: Samurai Sudoku, Double Samurai Harakiri, Sumo Sudoku, +, X, O, Mill, Flower, Triple/Triathlon, Sohei, Gattai, Double, Interlocked, Expanded ad.

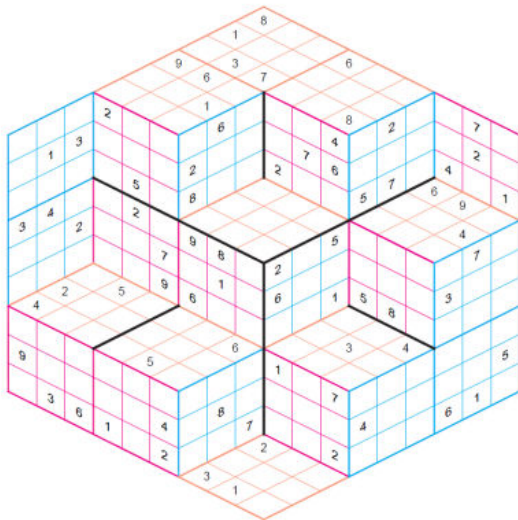


Několik knih



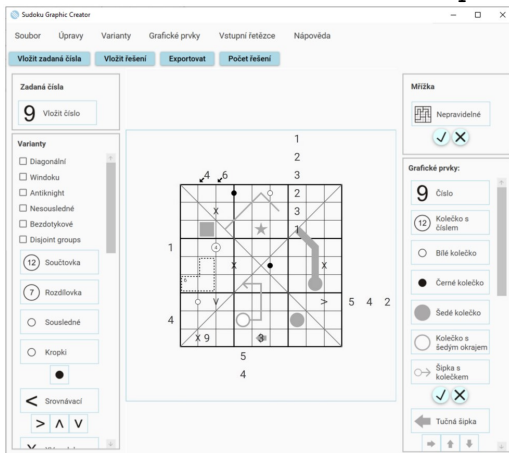
Varianty sudoku s překryvy – 3D

Názvy: Roxdoku, Hyper Sudoku 3D, Snowflake 3D Star, Jumbo 3D Sudoku ad.

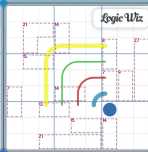
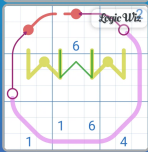
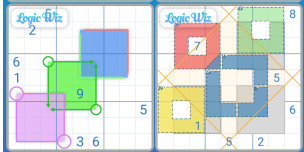
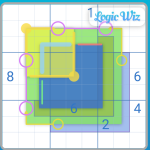
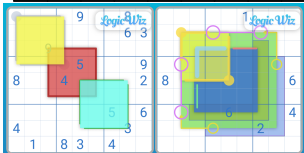
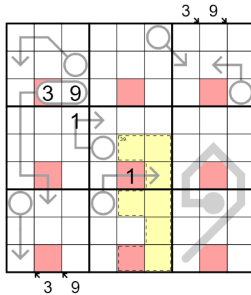
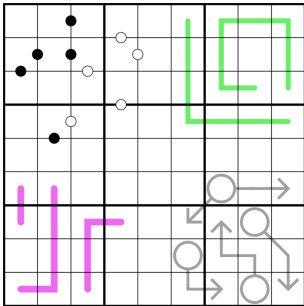


Pohled typografie

Varianty jsou zajímavé i z pohledu typografie, viz <http://sudokualogika.cz/node/2391/>, speciálně Sudoku Graphic Creator (C#), <https://github.com/KlimesovaLucie/SudokuGraphicCreator>.



Ukázky



Slovníček

- ▶ Kombinované sudoku (multi-sudoku puzzle, multiple sudoku, sudoku with overlaps, overlapping sudoku, sudoku with overlapping grids)
- ▶ Tabulka (grid), sudoku brané jako základní stavební kámen kombinovaného sudoku.
- ▶ Řádky (rows), sloupce (columns), čtverce/bloky (blocks, subgrids), nápovědy (clues, givens), kandidáti (candidates), buňka (cells).
- ▶ Bloky v řádcích, super-řádek (bands), bloky ve sloupcích, super-sloupec (stacks).

Ukázky z vlastní tvorby

- ▶ První exemplář.
- ▶ Olympijské kruhy.
- ▶ Logo firmy Husqvarna.
- ▶ Adventní či měsíční kalendář.
- ▶ Multi-sudoku na krychli.

Pacient Nula: Testovací vzorek

- ▶ Mé „Hello, World!“ multi-sudoku.
- ▶ Užít program Sugan.
- ▶ Na rychlý kontrolní náhled užít LibreOffice.org Calc.
- ▶ Ruční generování krok za krokem:
 1. Z prázdného mustru do řešení 1. sudoku.
 2. Z řešení do zadání 1. sudoku.
 3. Přebrání buněk překryvu pro řešení 2. sudoku (injekce do zdrojového kódu).
 4. Přebrání buněk zadání 1. pro zadání 2. sudoku (další injekce v C kódu).
- ▶ Velká oslava, že to skutečně funguje. 🥳
- ▶ Poté následovalo programování a automatizace.

Pacient Nula: Zadání multi-sudoku

[illegible]

Pacient Nula: Řešení multi-sudoku

[illegible]

Projekt 1: Olympijské kruhy



Pierre de Coubertin (1863–1937)

- ▶ Po automatizaci (Lua) následovaly ostré testy.
- ▶ Publikováno na poslední straně IB ČStS 4/2023.
- ▶ K vyřešení stačí jedno kolo (každé sudoku je samostatně řešitelné).
- ▶ Dá se vyřešit logickými kroky.
- ▶ Nejtěžší je 4. sudoku zleva (zelené).

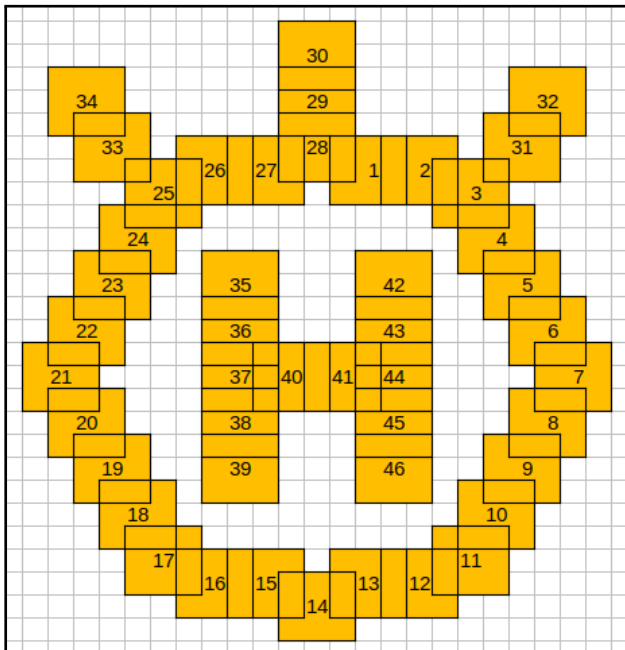
2	8	4	3	7	9	5	1	6		3	4	1	5	2	9	6	7	8		3	6	2	8	4	7	5	9	1				
3	6	9	5	1	8	7	2	4		7	8	2	3	6	4	9	1	5		1	9	7	6	5	3	4	2	8				
7	5	1	6	4	2	9	3	8		6	9	5	7	1	8	4	2	3		5	8	4	1	9	2	6	7	3				
4	3	5	8	2	7	1	6	9		4	1	3	8	5	2	7	9	6		4	7	9	5	3	1	2	8	6				
1	2	6	4	9	5	8	7	3		9	2	7	6	3	1	8	5	4		6	1	3	2	7	8	9	5	4				
8	9	7	1	3	6	2	4	5		5	6	8	9	4	7	2	3	1		8	2	5	4	6	9	3	1	7				
9	1	3	7	8	4	6	5	2	1	9	3	8	7	4	1	9	3	5	6	2	3	8	7	9	4	1	7	2	6	8	3	5
6	7	8	2	5	3	4	9	1	5	7	8	2	3	6	4	7	5	1	8	9	4	5	2	7	3	6	9	8	5	1	4	2
5	4	2	9	6	1	3	8	7	2	6	4	1	5	9	2	8	6	3	4	7	6	1	9	2	5	8	3	1	4	7	6	9
									7	1	8	3	5	6	9	4	2			7	9	4	2	6	5	8	1	3				
									9	3	4	7	1	2	6	8	5			6	1	5	7	3	8	4	9	2				
									2	6	5	8	4	9	3	1	7			2	3	8	1	9	4	5	6	7				
									8	4	3	6	2	7	5	9	1			9	2	1	5	7	6	3	8	4				
									1	2	9	4	3	5	7	6	8			8	7	6	9	4	3	1	2	5				
									5	7	6	9	8	1	4	2	3			4	5	3	8	2	1	6	7	9				

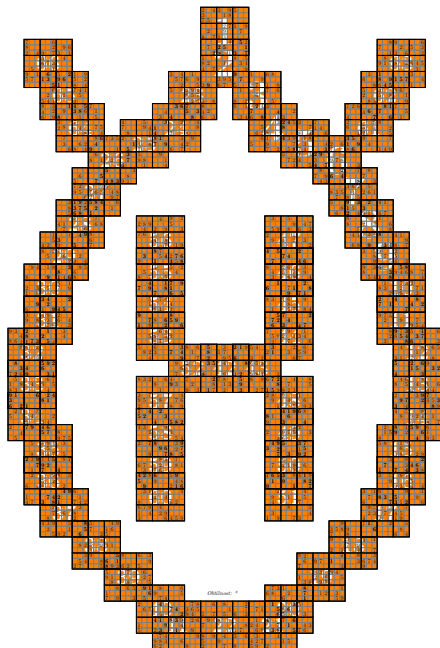
Typografická poznámka: Barevné orámování jde nad a pod ostatní čtverce. Byly to ruční zásahy v TikZu.

Projekt 2: Logo firmy Husqvarna

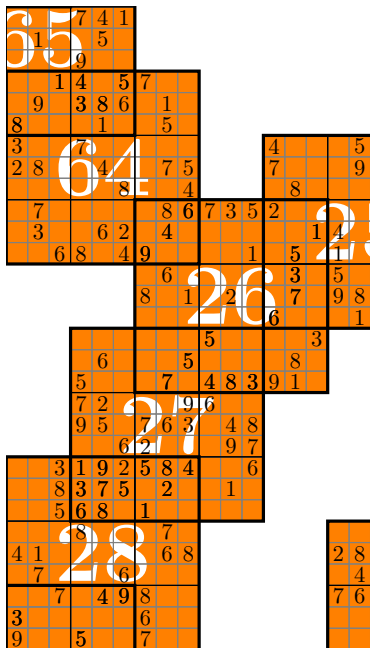


- ▶ Dárek tatíkovvi k narozeninám (polovina října).
- ▶ Ruční rozkres a pořadí sudoku.
- ▶ Mám verzi pro 46, 66 (užita) a 78 sudoku.
- ▶ Poté již plná automatizace.
- ▶ Řešitelům vadilo číslo sudoku i pozadí.
Dodatečně jsem mazal.





©Holtz: *



Projekt 3: Adventní či měsíční kalendář

- ▶ V duchu práce Karla Horáka: mít každý rok nový kalendář.
- ▶ Zvláštní typ multi-sudoku, nenapojují se bloky, ale řádek a/či sloupec.
- ▶ Každý měsíc je samostatné multi-sudoku.
- ▶ Následné složení do dvouročního kalendáře (pro přehled rok, který běží, a rok, který nás čeká). Je to kvůli konferenci OSSConf v Žilině, ta bývá na začátku července. Běžící rok je na kalendář pozdě, budoucí rok bývá ještě daleko, proto oba roky.
- ▶ Překryvy jsem programoval hledáním vztahů.

Sudoku 1										Sudoku 2										Sudoku 3									

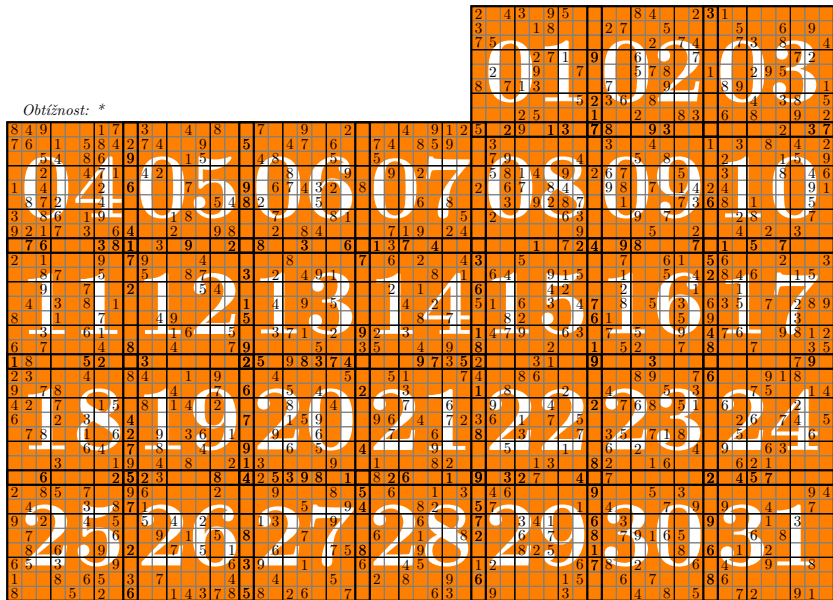
Ukázka rozkresu měsíce

adventni-kalendar-rozkres-12-2023.txt (Viewing) ✕									
1	- »	- »	- »	- »	- »	- »	- »	- »	-
2	- »	- »	- »	- »	- »	X »	X »	X »	-
3	- »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	-
4	- »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	-
5	- »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	-
6	- »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	X »	-
7	- »	- »	- »	- »	- »	- »	- »	- »	-
8	- »	- »	- »	- »	- »	- »	- »	- »	-
9									

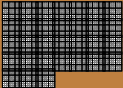
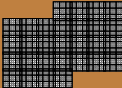
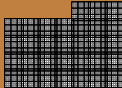
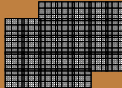
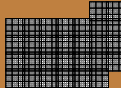


















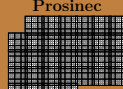
- ▶ Jedná se o prosinec 2023.
- ▶ Program si pak znaky X převede na čísla, tj. jednoznačné identifikátory příslušných sudoku.
- ▶ Překryvy jsou pevně dané (řádek a/nebo sloupec). Netřeba pomáhat jako u olympijských kruhů a loga firmy Husqvarna.

Projekt 3: Adventní či měsíční kalendář

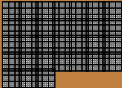
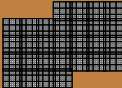
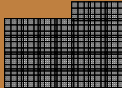
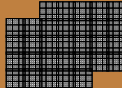
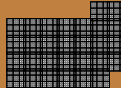


















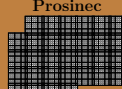
Obtížnost: *



Projekt 3: Dvouroční kalendář (zadání)

2024 MMXXIV			2025 MMXXV		
Leden 	Únor 	Březen 	Leden 	Únor 	Březen 
Duben 	Květen 	Červen 	Duben 	Květen 	Červen 
Červenec 	Srpen 	Září 	Červenec 	Srpen 	Září 
Říjen 	Listopad 	Prosinec 	Říjen 	Listopad 	Prosinec 

Projekt 3: Dvouroční kalendář (řešení)

2024 MMXXIV			2025 MMXXV		
Leden 	Únor 	Březen 	Leden 	Únor 	Březen 
Duben 	Květen 	Červen 	Duben 	Květen 	Červen 
Červenec 	Srpen 	Září 	Červenec 	Srpen 	Září 
Říjen 	Listopad 	Prosinec 	Říjen 	Listopad 	Prosinec 

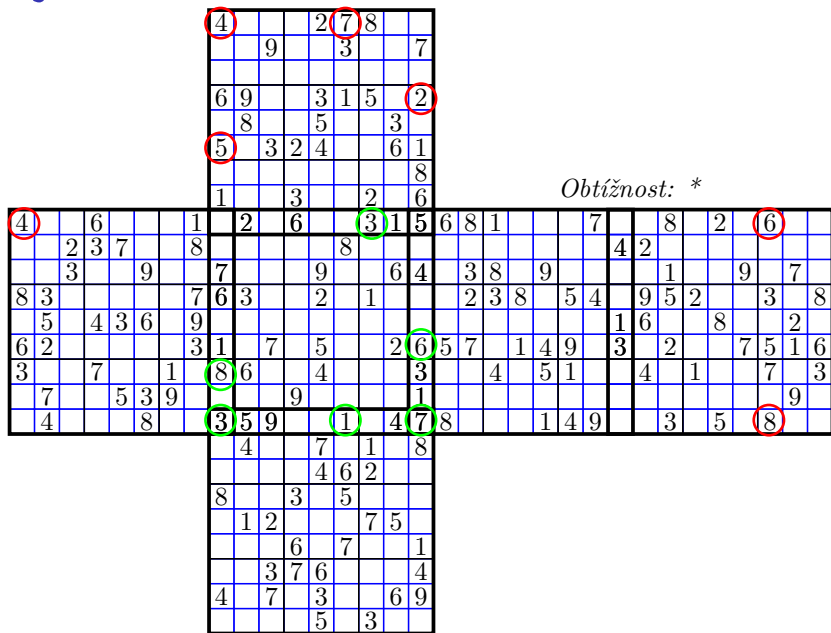
Projekt 4: Sudoku na krychli

- ▶ Šlo spíš o zvědavost programátora, jestli se dá najít 6 sudoku takto propojených.
- ▶ U zadání jsem nepřebral nápovědy, proto jsou na překryvech jakoby chybějící čísla. Ponechal jsem jako zajímavost. Dorazila tehdy únava...
- ▶ Zaznačil jsem viděné červeně, neviděné pro hráče pak zeleně.
- ▶ Pro zájemce na bádání oněch 6 sudoku.

Projekt 4: Rozkres

[illegible]

Projekt 4: Zadání



6 zadání bez překryvů

4 _ _ 2 7 8 _ _	4 _ _ 6 _ _ 1 _	_ 2 _ 6 _ _ 3 1 5
_ _ 9 _ _ 3 _ _ 7	_ _ 2 3 7 _ _ 8 _	_ _ _ _ _ 8 _ _ _
_ _ _ _ _ _ _ _	_ _ 3 _ _ 9 _ _ 7	7 _ _ _ 9 _ _ 6 4
6 9 _ _ 3 1 5 _ 2	8 3 _ _ _ _ _ 7 6	6 3 _ _ 2 _ 1 _ _
_ 8 _ _ 5 _ _ 3 _	_ 5 _ 4 3 6 _ 9 _	_ _ _ _ _ _ _ _
5 _ 3 2 4 _ _ 6 1	6 2 _ _ _ _ _ 3 1	1 _ 7 _ 5 _ _ 2 6
_ _ _ _ _ _ _ 8	3 _ _ 7 _ _ 1 _ _	8 6 _ _ 4 _ _ _ 3
1 _ _ 3 _ _ 2 _ 6	_ 7 _ _ 5 3 9 _ _	_ _ _ 9 _ _ _ _ 1
_ 2 _ 6 _ _ _ 1 5	_ 4 _ _ _ 8 _ _ 3	3 5 9 _ _ 1 _ 4 7
5 6 8 1 _ _ _ 7 _	_ _ 8 _ 2 _ 6 _ _	_ 5 9 _ _ _ _ 4 _
_ _ _ _ _ _ _ 4	4 2 _ _ _ _ _ _	_ 4 _ _ 7 _ 1 _ 8
4 _ 3 8 _ 9 _ _ _	_ _ 1 _ _ 9 _ 7 _	_ _ _ _ 4 6 2 _ _
_ _ 2 3 8 _ 5 4 _	_ 9 5 2 _ _ 3 _ 8	8 _ _ 3 _ 5 _ _ _
_ _ _ _ _ _ _ 1	1 6 _ _ 8 _ _ 2 _	_ 1 2 _ _ _ 7 5 _
_ 5 7 _ 1 4 9 _ 3	3 _ 2 _ _ 7 5 1 6	_ _ _ 6 _ 7 _ _ 1
3 _ _ 4 _ 5 1 _ _	_ 4 _ 1 _ _ 7 _ 3	_ _ 3 7 6 _ _ _ 4
1 _ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ 9 _	4 _ 7 _ 3 _ _ 6 9
7 8 _ _ _ 1 4 9 _	_ _ 3 _ 5 _ 8 _ _	_ _ _ _ 5 _ 3 _ _

Projekt 4: Řešení

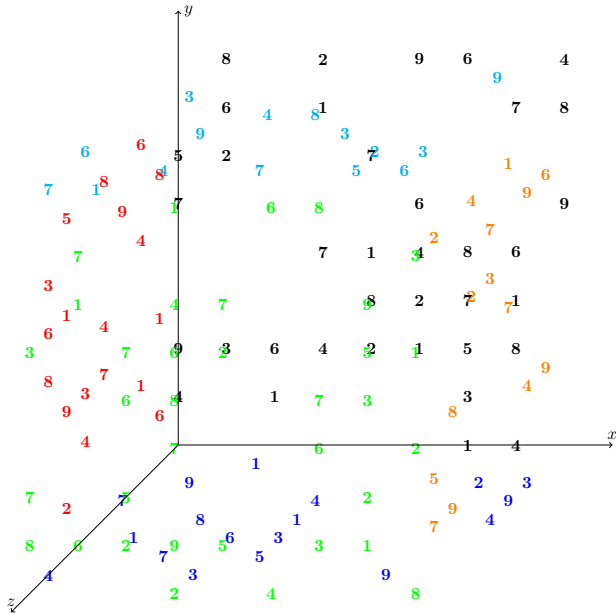
									4	3	6	1	2	7	8	5	9															
									8	5	9	4	6	3	1	2	7															
									7	1	2	8	9	5	6	4	3															
									6	9	4	7	3	1	5	8	2															
									2	8	1	9	5	6	7	3	4															
									5	7	3	2	4	8	9	6	1															
									3	6	7	5	1	2	4	9	8															
									1	4	5	3	8	9	2	7	6															
									<i>Obtížnost: *</i>																							
4	8	7	6	2	5	3	1	9	2	8	6	7	4	3	1	5	6	8	1	4	2	3	7	9	5	8	7	2	1	6	3	4
9	1	2	3	7	4	6	8	5	4	6	1	3	8	9	7	2	9	1	7	6	3	8	5	4	2	7	6	3	5	1	8	9
5	6	3	8	1	9	2	4	7	1	3	5	9	2	8	6	4	7	3	8	5	9	2	1	6	3	1	8	4	9	2	7	5
8	3	4	2	9	1	5	7	6	3	4	8	2	7	1	5	9	1	2	3	8	6	5	4	7	9	5	2	1	6	3	4	8
7	5	1	4	3	6	8	9	2	9	5	4	1	6	7	3	8	3	4	5	9	7	6	2	1	6	4	5	8	3	9	2	7
6	2	9	5	8	7	4	3	1	8	7	3	5	9	4	2	6	5	7	2	1	4	9	8	3	8	2	4	9	7	5	1	6
3	9	6	7	4	2	1	5	8	6	1	7	4	5	2	9	3	2	9	4	7	5	1	6	8	4	9	1	6	2	7	5	3
2	7	8	1	5	3	9	6	4	7	2	9	6	3	5	8	1	4	6	9	2	8	7	3	5	1	6	3	7	8	4	9	2
1	4	5	9	6	8	7	2	3	5	9	2	8	1	6	4	7	8	5	6	3	1	4	9	2	7	3	9	5	4	8	6	1
									2	4	6	5	7	3	1	9	8															
									7	8	1	9	4	6	2	3	5															
									8	7	4	3	1	5	9	2	6															
									6	1	2	8	9	4	7	5	3															
									9	3	5	6	2	7	4	8	1															
									5	9	3	7	6	2	8	1	4															
									4	2	7	1	3	8	5	6	9															
									1	6	8	4	5	9	3	7	2															

Obtížnost: *

Jistý první pokus o vizualizaci

- ▶ První nesmělý pokus přes TikZ.
- ▶ Rozumné jako rychlý náhled kostky.
- ▶ Dlouhá doba vykreslení, byť se jedná jen o jednu stranu, a neinteraktivní.
- ▶ Do Asymptote jsem nakonec nešel, byť umožňuje vložení 3D grafiky do PDF i vygenerování interaktivní verze na web (JavaScript). Potřeboval jsem ještě větší volnost a programovatelnost.

Vizualizace: TikZ



Co je v pozadí

V linuxu balíky:

- ▶ `sgt-puzzles`, příkaz `sgt-solo`.
- ▶ `qqwing`, příkaz ten stejný. Umí vypsát kroky u řešení: `qqwing --generate 1 --instructions`.
- ▶ `gnome-sudoku`, příkaz stejný.
- ▶ `nbsdgames`, příkaz `nbsudoku`.
Tip: `nbsudoku -s 7`.
- ▶ `sudoku`, příkaz stejný.
- ▶ `ksudoku`, příkaz stejný. Umí řadu typů, i 3D.
- ▶ `fltk1.3-games`, příkaz `flsudoku`.

Co je v pozadí – rozkres

- ▶ Nejmenší počet u překryvu: 1 (jeden z rohů), největší 81 (dvě sudoku přes sebe).
- ▶ Které překryvy nelze získat? 11, 13, 17, 19, 22, 23, 26, 29, 31, 33, 34, 37–39, 41, 43, 44, 46, 47, 50–53, 55, 57–62, 65–71, 73–80.
- ▶ Nevhodné typy: moc řádků, moc sloupců, max. řádků a sloupců.
- ▶ Chtěný překryv: chtěl jsem nápovědy i v překryvech. To ovlivňuje několik sudoku.

Co je v pozadí – Sugden

- ▶ `https://dlbeer.co.nz/articles/sudoku.html`.
- ▶ Zajímavá úvaha na výpočet obtížnosti.
- ▶ Možnost generovat sudoku při žádném či částečném zaplnění (grid generator).
- ▶ Z vyřešeného sudoku získat zadání (puzzle generator).
- ▶ Ze zadání ještě těžší zadání (harden).
- ▶ Napsáno v C, který se učím.

3 injekce od pana doktora (či sestřičky)

Automatizoval jsem přes Lua a Bash, v C kódu programu Sugen jsem načetl tři generované soubory:

- ▶ Číslo sudoku slouží jako počáteční hodnota PRNG, funkce `srandom`. Pro případ pozdního nového generování jen jednoho sudoku. Nebylo třeba.
- ▶ Pro vytvoření řešení, funkce `choose_grid` jsem zasahoval do pole `grid`. Pomocný soubor má dva sloupce, číslo pole (0–80) a hodnota (1–9). Vzniká soubor s řešením.
- ▶ Pro vytvoření zadání, funkce `harden_puzzle` jsem zasahoval do pole `puzzle`. Pomocný soubor má dva sloupce, číslo pole (0–80) a jeho hodnotu (0 – musí zůstat prázdné, či 1–9). Plus se načte soubor s řešením. Výstupem je soubor se zadáním.
- ▶ Dá se tak řešit i chtěná obtížnost, nebo přes parametr z příkazového řádku.

Upravený Sugén: 1. sudoku, řešení

-----		475196823
-----		896243517
-----		312857469
-----		637415298
-----	--> bez injekce -->	258739146
-----		149682735
-----		561974382
-----		724368951
-----		983521674

Upravený Sugén: 1. sudoku, zadání

475196823		4_5____2_
896243517		8_____
312857469		____8_74__
637415298		__74__2_8
258739146	--> bez injekce -->	2__7_9__6
149682735		1_9__27__
561974382		__19_4____
724368951		_____1
983521674		_8_____6_4

Upravený Sugden: 2. sudoku, řešení

-----	382	-----	382574169
-----	951	-----	951368274
-----	674	-----	674912835
-----			165423798
-----	---	---	438697521
-----			729185643
-----			896231457
-----			513746982
-----			247859316

Upravený Sugden: 2. sudoku, zadání

382574169	000	_____	_____9
951368274	001	_____	__1__827__
674912835	604	_____	6_4____83__
165423798		_____	_6__23____
438697521	---->	_____	----> 4__9__1
729185643		_____	____18__4__
896231457		_____	_96____45__
513746982		_____	_137__9__
247859316		_____	2_____6

Co je v pozadí – Picat

- ▶ Test celého multi-sudoku nezávisle přes SAT solver.
- ▶ Program není ve standardním linuxovém repozitáři.
- ▶ <http://picat-lang.org/>.
- ▶ <http://www.hakank.org/picat/>
- ▶ Post Mortem: Ale jsou-li jednotlivá sudoku s jedním řešením, bude s jedním řešením i celek. To mě tehdy nenapadlo, že je to zbytečné kontrolovat.

Picat – ukázka

Např. kruhy.pi, část proměnné, je jich 405
(5 · 81): Nešetřím proměnnými na překryvech.

```
import sat.  
main=>
```

```
Vars=[  
A11,A12,A13,A14,A15,A16,A17,A18,A19,  
[...]  
E91,E92,E93,E94,E95,E96,E97,E98,E99  
],  
Vars :: 1..9,
```

Picat (pokračování)

Řádky, sloupce a bloky.

```
all_different([A11,A12,A13,A14,A15,A16,A17,A18,A19]),  
[...]
```

```
all_different([A11,A21,A31,A41,A51,A61,A71,A81,A91]),  
[...]
```

```
all_different([A11,A12,A13,A21,A22,A23,A31,A32,A33]),  
[...]
```

Picat (pokračování)

Překryvy, rovnost buněk mezi sudoku.

A77#=B11,A78#=B12,A79#=B13,A87#=B21,A88#=B22,
A89#=B23,A97#=B31,A98#=B32,A99#=B33,
B17#=C71,B18#=C72,B19#=C73,B27#=C81,B28#=C82,
B29#=C83,B37#=C91,B38#=C92,B39#=C93,
C77#=D11,C78#=D12,C79#=D13,C87#=D21,C88#=D22,
C89#=D23,C97#=D31,C98#=D32,C99#=D33,
D17#=E71,D18#=E72,D19#=E73,D27#=E81,D28#=E82,
D29#=E83,D37#=E91,D38#=E92,D39#=E93,

Picat (pokračování)

Konkrétní zadání ze souborů, 1. sudoku a další.
Najdi všechna řešení, spočti je.

A13#=4, A17#=5, A18#=1, A21#=3, A25#=1, A26#=8,
A31#=7, A32#=5, A41#=4, A45#=2, A46#=7, A47#=1,
A52#=2, A55#=9, A58#=7, A63#=7, A64#=1, A65#=3,
A69#=5, A78#=5, A79#=2, A84#=2, A85#=5, A89#=1,
A92#=4, A93#=2, A97#=3,
[...]

```
L=findall(Vars,solve(Vars)),  
writeln(L),
```

```
D=count_all(solve(Vars)),  
writeln(D).
```

Picat (spuštění)

```
$ ./picat kruhy
```

Nebo:

```
$ ./picat
```

```
Picat> load("kruhy")
```

```
[...]
```

```
Picat> main
```

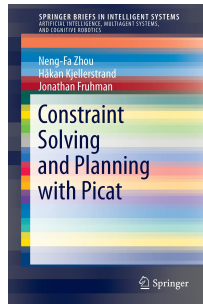
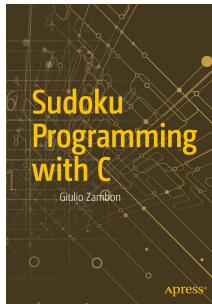
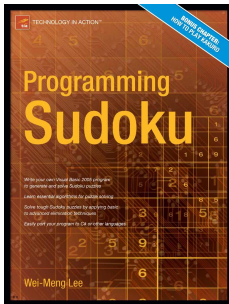
```
[[2,8,4,3,7,9,5,1,6,3,6,9,5,1,8,7,2,4,7,5,1,6,4,2,9,3,8
```

```
1
```

```
Picat> exit
```

Až jsem vše naprogramoval, tak jsem objevil:

- ▶ Wei-Meng Lee: *Programming Sudoku*, Apress Berkeley, 2006. ISBN 978-1-59059-662-3.
- ▶ Giulio Zambon: *Sudoku Programming with C*, Apress Berkeley, 2015. ISBN 978-1-4842-0996-7.
- ▶ Neng-Fa Zhou, Hakan Kjellerstrand, Jonathan Fruhman: *Constraint Solving and Planning with Picat*, Springer, 2015. ISBN 3319258818.



Postřehy a poučení z projektů

- ▶ Únor roku 2025 nemá 29 dní.
- ▶ Chtělo by to různou barvu písma nebo pozadí buněk v řešení pro nápovědní a vyřešená políčka. Byť stejnou barvu využívá řada programů, viz qqwing, nbsudoku, ksudoku či flsudoku, ale i starší L^AT_EXové balíčky sudoku a sudokubundle.
- ▶ Rozkres si udělat na úroveň polí, nikoliv bloků (olympijské kruhy, logo firmy Husqvarna).
- ▶ Brání nám výpočetně něco napojit měsíce pod sebe? A udělat si nějakou formu vizualizace kroků řešení?

Postřehy a poučení z projektů (Ukládám si vše do TXT)

- ▶ Existuje 3D sudoku $9 \times 9 \times 9$? Lze si udělat nějakou formu 3D vizualizace krychle s ciframi?
- ▶ Lze přejít na řešení sudoku logickými kroky místo rekurze?
- ▶ Zobecnit si omezení kladená na pole (3D sudoku, kalendáře, ale i komplikovanější multi-sudoku s překryvy bloků).

```

kontrola={
    {1, {"l7","l8", "l18","l27", "j2","j3"}},
    {2, {"l7","l8", "l18","l27", "j1"}},
    {3, {"l7","l8", "l18","l27", "j1","j2"}},

    {9, {"j1","j2","j3", "j18","j27", "p2","p3", "j7","j8"}},
    {8, {"j1","j2","j3", "j9", "j18","j27", "p2","p3"}},
    {7, {"j1","j2","j3", "j9","j8", "j18","j27", "p2","p3"}},

    {4, {"j1","j2","j3", "j7","j8","j9"}},
    {5, {"j1","j2","j3", "j4", "j7","j8","j9"}},
    {6, {"j1","j2","j3", "j4","j5", "j7","j8","j9"}},

--
    {18, {"j7","j8", "p2","p3", "j9"}},
    {27, {"j7","j8", "p2","p3", "j9","j18"}},

    {81, {"j9","j18","j27", "j79","j80", "p74","p75", "j72","j63"}},
    {72, {"j9","j18","j27", "j81", "j79","j80", "p74","p75"}},
    {63, {"j9","j18","j27", "j81","j72", "j79","j80", "p74","p75"}},

    {36, {"j9","j18","j27", "j63","j72","j81"}},
    {45, {"j9","j18","j27", "j36", "j63","j72","j81"}},
    {54, {"j9","j18","j27", "j36","j45", "j63","j72","j81"}},

--
    {80, {"p74","p75", "j63","j72", "j81", "j8"}},
    {79, {"p74","p75", "j63","j72", "j81","j80", "j7"}},

    {73, {"j79","j80","j81", "j64","j55", "l79","l80", "j74","j75", "j1"}},
    {74, {"j79","j80","j81", "j73", "j64","j55", "l79","l80", "j2"}},
    {75, {"j79","j80","j81", "j73","j74", "j64","j55", "l79","l80", "j3"}},

    {76, {"j79","j80","j81", "j73","j74","j75", "j4"}},
    {77, {"j79","j80","j81", "j76", "j73","j74","j75", "j5"}},
    {78, {"j79","j80","j81", "j76","j77", "j73","j74","j75", "j6"}},

--
    {64, {"j74","j75", "l79", "l80", "j73", "j72"}},
    {55, {"j74","j75", "l79", "l80", "j73","j64", "j63"}},

    {10, {"j73","j64","j55", "j1", "l7","l8", "j2","j3", "j18"}},
    {19, {"j73","j64","j55", "j1","j10", "l7","l8", "j2","j3", "j27"}},

    {28, {"j1","j10","j19", "j55","j64","j73", "j36"}},
    {37, {"j1","j10","j19", "j28", "j55","j64","j73", "j45"}},
    {46, {"j1","j10","j19", "j28","j37", "j55","j64","j73", "j54"}},
}

```

```
kontrola={
  {1, {"l7","l8", "l18","l27", "j2","j3"}},
  {2, {"l7","l8", "l18","l27", "j1"}},
  {3, {"l7","l8", "l18","l27", "j1","j2"}},
```

```

  {9, {"j1","j2","j3", "j18","j27", "p2","p3"}},
  {8, {"j1","j2","j3", "j9", "j18","j27", "p2","p3"}},
  {7, {"j1","j2","j3", "j9","j8", "j18","j27", "p2","p3"}},
```

```

  {4, {"j1","j2","j3", "j7","j8"}},
  {5, {"j1","j2","j3", "j4", "j7"}},
  {6, {"j1","j2","j3", "j4","j5", "j7"}},
```

```
--
  {18, {"j7","j8", "p2","p3", "j7","j8"}},
  {27, {"j7","j8", "p2","p3", "j7","j8"}},
```

```

  {81, {"j9","j18","j27"}},
  {72, {"j9","j18"}},
  {63, {"j9","j18"}},
```

```

  {36, {"j9","j18"}},
  {45, {"j9","j18"}},
```

```
--
```

**Vyčerpán jsem práce
zastavil, ale něco
se stalo ...**

```

    "j74","j75", "j1"}},
    "j2"}},
    "j3"}},
```

```

    "j4"}},
    "j5"}},
    "j6"}},
```

```

    "j72"}},
    "j63"}},
```

```

    "l7","l8", "j2","j3", "j18"}},
    "l7","l8", "j2","j3", "j27"}},
```

```

    "j55","j64","j73", "j36"}},
    "j55","j64","j73", "j45"}},
    "j19", "j28","j37", "j55","j64","j73", "j54"}},
```

Sudoku s překryvy

aneb

Když si soubor s úkoly
až někdy-či-raději-neřešit-vůbec.txt
omylem pojmenujete jako dodělat.txt.

Sudoku

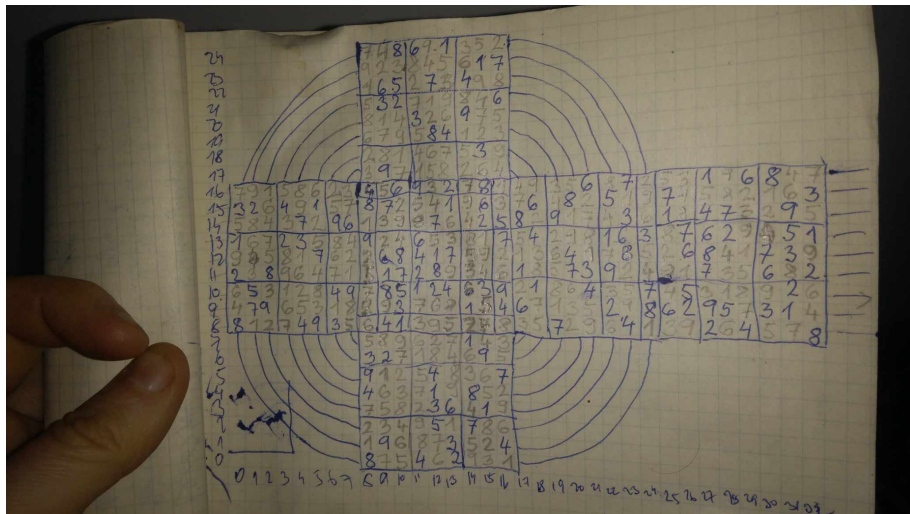
aneb

Pro starší
a pokročilejší!
někdy-či-raději-přesně-vůbec.txt
omylem pojmenovaný jako dodělat.txt.

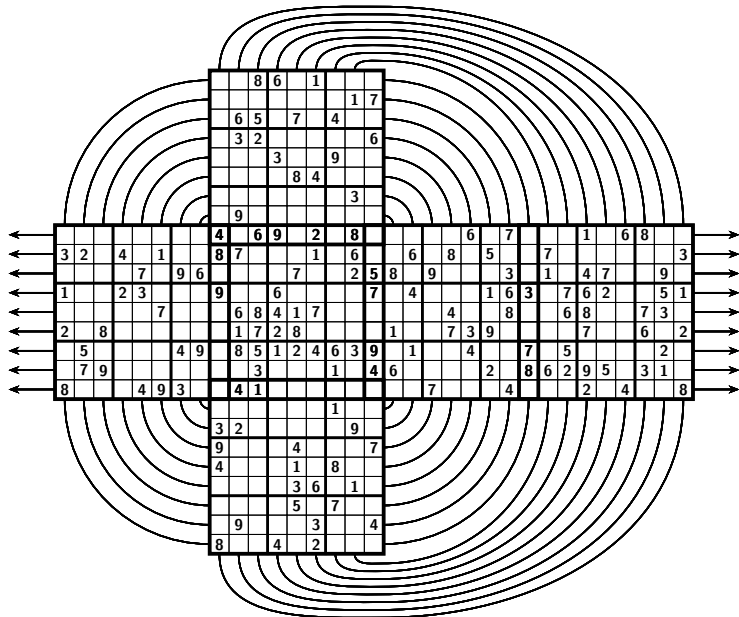
Kostka ze dřeva



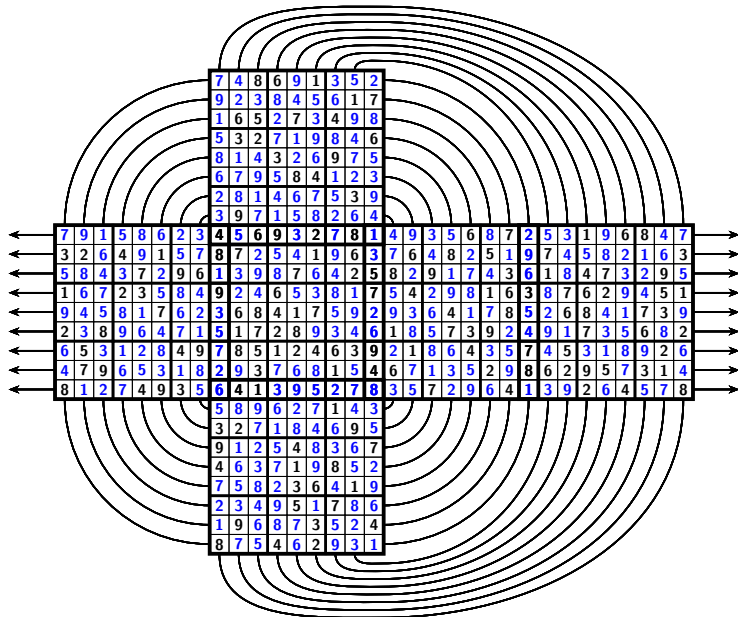
Pomocné čáry: rozkres na papíře



Sazba s čarami: zadání

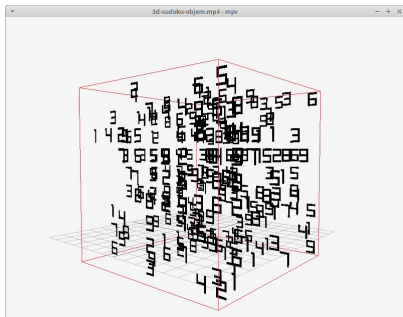


Sazba s čarami: řešení

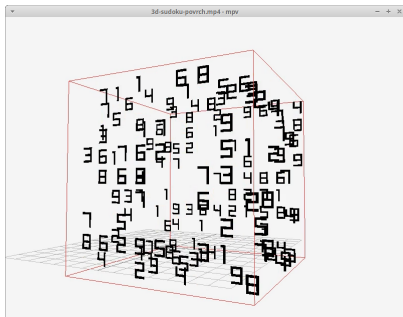


C+Raylib+ffmpeg

Ukázky, obojí je zadání.



3D sudoku objemové



3D sudoku povrchové

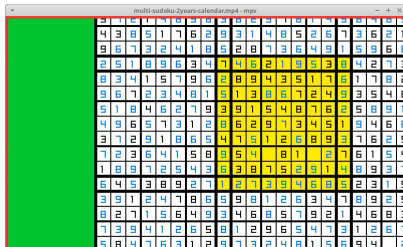
Videoukázka 1+2

video/3d-sudoku-objem.mp4

video/3d-sudoku-povrch.mp4

C+Raylib+ffmpeg

Ukázky.



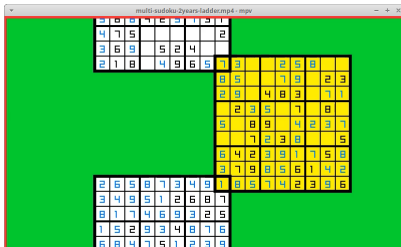
The screenshot shows a window titled "multi-sudoku 2years-calendar.mpg4 - mpg". It displays a 10x10 grid of numbers, representing a calendar. The numbers are arranged in a grid that is 10 columns wide and 10 rows high. The numbers are colored in blue, yellow, and red. The grid is surrounded by a green border. Below the grid, there is a blue status bar with white text.

Solo Candidate: Set cell (4,7) to 6

Year: 2024 Day in Week: Tuesday Step: 55451 of 57727
Month: 5 Week in Total: 21 Empty cell: 27238 of 28296
Day: 21 Week in Year: 21 Finished cells: 95.261 %

Round 2

Kalendář



The screenshot shows a window titled "multi-sudoku 2years-ladder.mpg4 - mpg". It displays a 10x10 grid of numbers, representing a ladder. The numbers are arranged in a grid that is 10 columns wide and 10 rows high. The numbers are colored in blue, yellow, and red. The grid is surrounded by a green border. Below the grid, there is a blue status bar with white text.

Solo Candidate: Set cell (3,3) to 6

Year: 2024 Day in Week: Tuesday Step: 11934 of 13483
Month: 4 Week in Total: 18 Empty cell: 5132 of 5868
Day: 30 Week in Year: 18 Finished cells: 87.451 %

Round 88

Žebřík

Videoukázka 3+4

video/multi-sudoku-2years-calendar.mp4

video/multi-sudoku-2years-ladder.mp4

Sudoku s překryvy

aneb

Jaký by mohl být
vrchol sudoku pro programátora?

Co by mohl být vrchol sudoku s překryvy?

- ▶ Kategorie jsou tam maximum lidí současně řešících sudoku (přes 3 tisíce) a největší sudoku (100 na 100), to už ale vím, že se dá řešit v tisících na tisíce. Tedy zůstává 3. kategorie:
- ▶ Guinnessova kniha rekordů:
Largest multi-sudoku puzzle (280).
- ▶ <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/386582-largest-multi-sudoku>
- ▶ Dal by se uvážít kalendář, 365/366 dní.
- ▶ Případně bez nedělí, mínus cca 52 dní.
- ▶ Případně kalendář školního/akademického roku, mínus 62 dní července a srpna. Atd.

Polovina února

- ▶ Příprava webové stránky,
<http://195.178.93.92:48082/multi-sudoku-striz/>.
- ▶ Založení FB skupiny,
<https://www.facebook.com/groups/399904685914242>.
- ▶ Vyplnění a odeslání přihlášky,
<https://www.guinnessworldrecords.com/>.
- ▶ Navíc, tehdy jsem byl shodou okolností 6 týdnů bez internetu.
- ▶ Čekání na rozhodnutí až tři měsíce...

Mozilla Firefox

/home/malipivo/Downloads/filmj X +


file:///home/malipivo/Downloads/filmj/kombinatorika/sudoku/Ky 90%

Calendars

I'm creating calendars of different styles every year. Usually as a PF poster. Here is an older example.

Multi-sudoku

As a side project of my experiments in ranking-unranking in classic sudoku, I've started to work on different multi-sudokus. I enclose some of my projects.



Olympic rings multi-sudoku [PDF version]



**OFFICIAL
ATTEMPT**

Úplné podklady

Dorazily podrobné instrukce, pro zájemce jsou ke stažení z:

- ▶ <http://195.178.93.92:48082/sklad/multi-sudoku-official-document.pdf>
- ▶ http://195.178.93.92:48082/sklad/multi-sudoku-official-Guide-to-your-evidence-2022_tcm25-486431.pdf

Není potřeba arbitr/přizvaný oficiální dohled nad akcí (to by stálo čtvrt miliónu).

Jeden z těch dní v životě, kdy si uvědomíte, že by to snad i šlo. Tedy dobrá zpráva je, že přihláška byla přijata, a že rekord je (teoreticky) překonatelný, ale...

Přihláška z 13. 2. 2024 přijata 5. 3. 2024

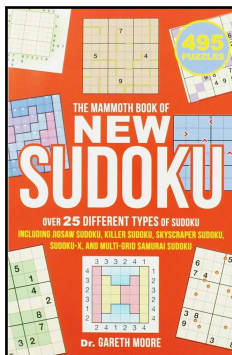
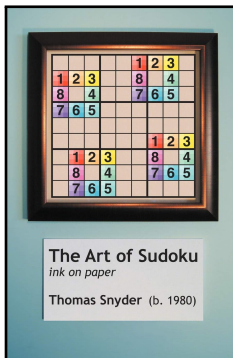
- ▶ Kombinované sudoku musí být symetrické. Nezávislá kontrola expertem na sudoku.
- ▶ Celek musí mít jedno řešení. Nezávislá kontrola.
- ▶ Řešení tabulek musí být různé (neuvádí specificky rotaci a zrcadlení, ale ty zahrnu). Suffix Tree?
- ▶ Lze užít klasické sudoku, i kombinace variant sudoku, pokud to dovolují překryvy.
- ▶ Tabulky musí být uznány organizací zabývající se sudoku, či musí být publikovány (ISBN).
- ▶ Dva nezávislé dohledy nad veřejnou událostí. Mohou být čtyři hodiny, čtyři hodiny přestávka.
- ▶ Lze užít sudoku od Kyle Gougha (bez licence)?
- ▶ Doporučují dokládat publikace kolem akce.

Komunikace se sudoku expertem

- ▶ Kontakt přes spolužáka z vysoké: Jan Novotný z Brna (mistr světa v sudoku, tvůrce soutěžních sudoku, včetně kombinovaného sudoku).
- ▶ Upozornil mě, že tabulky nemohou být řešitelné samy o sobě, to by kombinované sudoku nedávalo smysl. V tom je jádro celého rekordu: tým lidí musí přijít na to, které tabulky lze prvně vyřešit, které až následně.
- ▶ Doporučil zkusit spojit síly s HALAS (Hráčská asociace logických her a sudoku), VIDA! v Brně či zkusit termín 9. 9. (Mezinárodní den sudoku).
- ▶ Přes HALAS mě oslovil Matúš Demiger (worldpuzzle.org), že plánují pokořit tento rekord na Slovensku (2025 či 2026), ať si nekonkurujeme.
- ▶ Jan Novotný mě upozornil, že zadání tabulek by ideálně měly splňovat symetrii.

Další inspirace:

- ▶ Thomas Snyder: *The Art of Sudoku* (práce se symetrií).
- ▶ Gareth Moore: *The Mammoth Book of New Sudoku* (Anti-Diagonal, Argyle, Sudoku DG and Bricks).



Další inspirace:

- ▶ YouTube: GenuinelyApproachableSudoku.
- ▶ <https://logic-masters.de>
- ▶ <https://sudoku-puzzles.net>
- ▶ <https://www.conceptispuzzles.com/>
- ▶ YouTube: Memeristor, Setter Spotlight.
- ▶ YouTube: Cracking the Cryptic užívá <https://sudokupad.app> (Sven Neumann). Vydali knihu *Cracking the Cryptic's Greatest Hits*, dokončili druhý svazek.



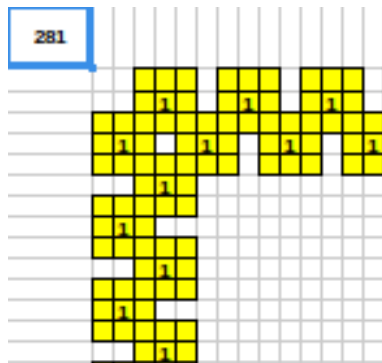
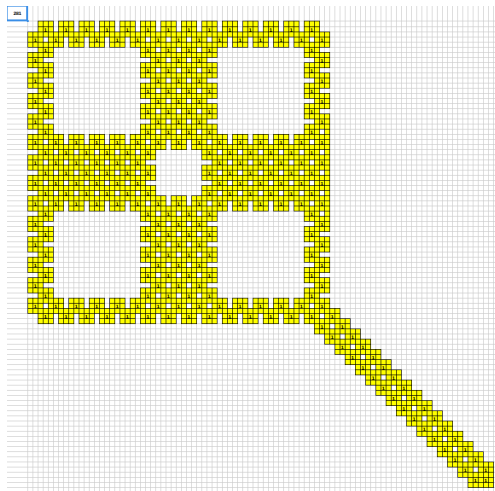
Řešené úkoly

Alias Pájových sedm smrtelných hříchů /
zabijáckých úkolů (překonávání sama sebe):

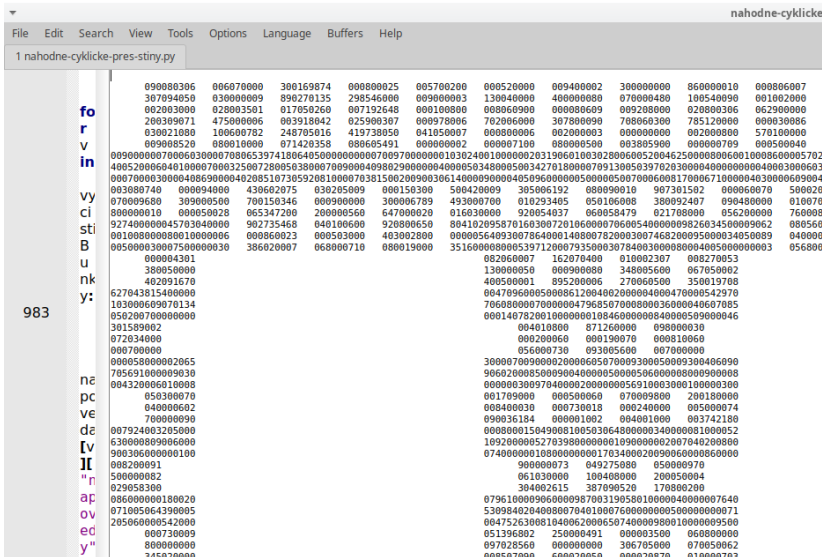
1. Symetrické nadstruktury, tj. generování masky.
2. Vizualizace grup symetrie a automorfismu.
3. Zařazení tabulky ke grupě symetrie/automorfismu.
4. Zafixovat systém odebírání cifer. Fixovat design?
5. Matice překryv versus symetrie.
6. Vlastní řešitel sudoku a (vlastních) variant. Jako celek.
7. Jednoznačná identifikace řešení tabulky. Uf...

Rozloučení se aktuálním designem

Opustil jsem návrh kalendáře, myšlenka je design čtyřlístku.
Popisky lze do všech směrů, kromě poslední tabulky (tam jen
vpravo a dolů).



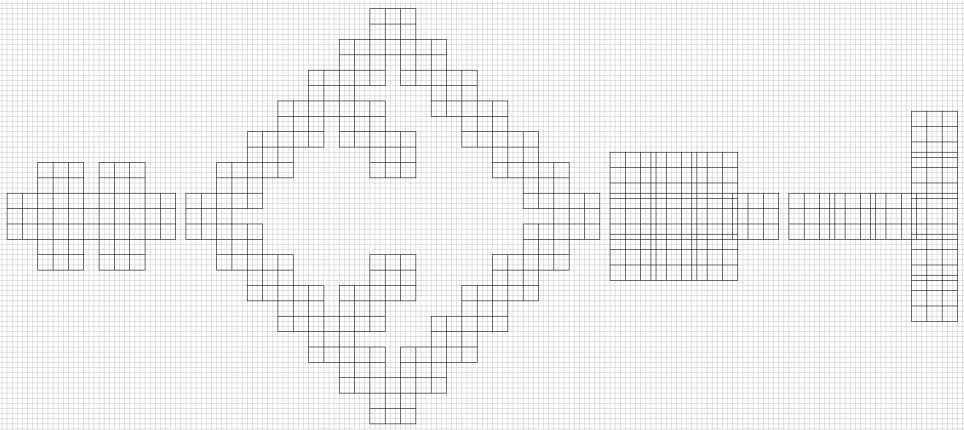
Ukázka zadání



Ukázka řešení

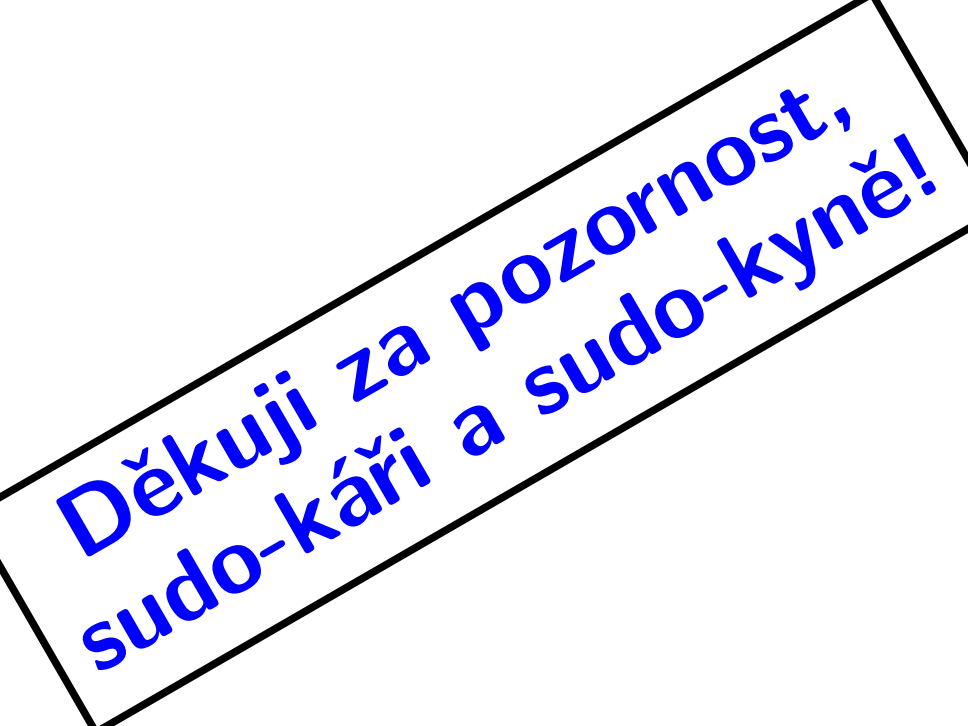
nahodne-cyklicke														
File Edit Search View Tools Options Language Buffers Help														
1 nahodne-cyklicke-pres-stiny.py														
fo r v in vy ci sti B u nk y: 983	Vyplnění celé mapy dokončeno!													
	594287316	916578324	325169874	164873925	435789261	674529318	869431752	384176529	864932517	493856217				
	367194852	534261879	896274135	298546713	189462573	139748265	425967381	172593486	137546298	851372964				
	182563794	728493561	417853269	537192648	726135894	258361947	731582469	659248173	529817346	762941853				
	248359671	475832916	563918742	625914387	352978416	792156834	357826194	728964351	785129634	219734586				
	735621489	193654782	248735916	419738256	641253987	341892567	192754863	596317248	392764851	574168392				
	619478523	682917435	971426358	783625491	897614352	865437129	684193527	413825967	416358729	386529741				
	759836421735968315247189653974182647593721846257139785264591738249516973482531976218435287961752834625971285463517928617435792													
	438521976842135427869325147283659381427689351469872964513847629513487215693427518349276913845639712934658493172398645293178653													
	216794853916247869351746298516734592681354972381564231978326145768923684751968243675918465237481695817243671985624137485629184													
	563182749	851294673	431692875	736245189	298157346	587426139	345876192	384792516	947361582	248965371	593426			
172349685	329786514	729158346	854916237	315426789	493851762	817293465	759146328	386592417	791483256	814975				
894675312	674153928	865347291	219837564	647398125	216937854	926154837	162358479	521748369	356271894	762318				
927453168	245793642	185912735	46849451	1786623	921843657	864172395	872164385	729156843	571692548	173459826	93451783	9462	381569	
341268597	683412538	7969478	574861923	172563498	453672891	972385641	193527864	935142869	782415392	746827319	572863415	52789	947231	
685917234	917586971	4132386				351694278	61453971	268479352	163978461	32591867	341658297	46513	256847	
	976824351					582361497	162875439	516482397	918276453					
	381756249					139427856	437961285	348795621	467853192					
	452391678					467598321	895234176	279361584	352419768					
	627943815	432967				824759613	345297861	235491286	723491547	2683542971				
	143875629	578134				716283945	76821354	79685374	218597369	85241697385				
	958216743	1619825				953146782	391546389	712846935	176842361	579381246				
	361589472					234617859	871263594	198654732						
	572134968					897235164	526194378	324817965						
	489762351					156849732	493785612	567293814						
	296458137	482965				382147569	184327918	645371289	374651749	328476591				
	735691284	659731				916325478	523691345	287659143	586279138	456913728				
	814327596	713248				745968321	976485672	139428756	912483526	197528346				
		952361874				431789652	813529764	571639824	274185963					
		348597612				568412937	542736918	938247165	815639274					
		761824593				297536184	976481352	624851937	963742185					
	85792461	3275489				623894715	34926819	457396481	279534629	5781394652				
	634571829	146357				159273846	52713985	742658139	739746851	238764925	1837			
	91238647	5938126				874651293	16875426	389172346	515265123	79846153	28667419			
	768243591					982615473	649275183	854126973						
	543619782					561734982	152438976	263759814						
	129758346					374892615	387196524	179834265						
	486132957	186324				279613458	97632159	88764319	2584196	379421583	27649			
	371895246	397185				536984127	45389673	421584763	95784215	78396485	271			
	295467138	542967				184752639	281547	16229386	52741362	9856134	27619538			
	621734859					451396872	253687491	172893546	269873154					
	879651243					397128564	918345627	386745219	873154962					
	245829216					678647307	161483787	406176873	514706783					

Oslava náhodnosti & teorie grup & symetrie přes
tabulky & variant sudoku & programování.



Videoukázka: běh programů

video/simplescreenrecorder-2024-04-18-05-25-55.mkv



Děkuji za pozornost,
sudo-káři a sudo-kyně!